

APLIKASI TEORI GEOTEKNIK PADA KAJIAN PENGGUNAAN LAPIS PEREKAT PERKERASAN LENTUR

Suryo Hapsoro Tri Utomo *)

ABSTRACT

The state of adhesion and friction between layers of flexible pavement has significant influence on the pavement performance. To increase bonding between layers, asphalt tack coats are applied prior to overlay. Over usage of tack coat potentially causes bleeding.

The main objective of this research is to use the direct shear test principle to explore the effect of asphalt tack coats on shear strength of pavements interface. Asphalt tack coat material used in the research was admixture of asphalt cement penetration 60/70 and 25% kerosene.

The research results show the correlation between tack coat content and the shear strength parameters. The influence of material characteristics to the flexible pavement performance and its mechanism are also presented.

Keywords: geotechnics, pavement, tack coat, shear strength.

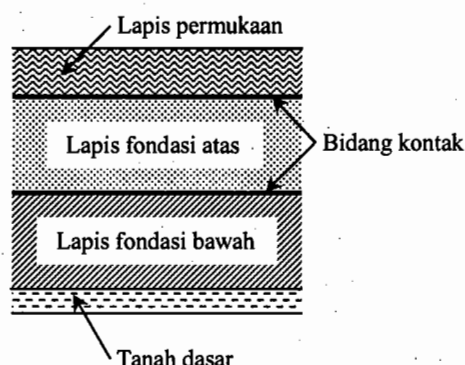
PENDAHULUAN

Pada perkerasan lentur multi lapis (*multiple layered*) rekatan dan penguncian mekanis antara lapisan permukaan dan lapisan di bawahnya berpengaruh terhadap kinerja perkerasan lentur. Untuk memberikan rekatan yang diperlukan maka pada bidang kontak antara lapis permukaan dengan lapisan di bawahnya perlu diberi lapis perekat berupa lapisan tipis aspal. Pemberian lapis perekat harus dapat memberikan rekatan dan penguncian mekanis yang baik tanpa menimbulkan masalah yang merugikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kuat rekat lapis perekat dan gesekan antar permukaan bidang kontak lapis permukaan dengan lapis di bawahnya pada perkerasan lentur. Teori dan prinsip yang digunakan ialah kuat geser menggunakan uji geser langsung.

PERKERASAN LENTUR DAN LAPIS PEREKAT

Susunan lapisan perkerasan lentur multi lapis secara garis besar ialah seperti Gambar 1.



Gambar 1. Susunan lapis perkerasan lentur multi lapis

Perkerasan lentur multi lapis dalam melayani lalu lintas menerima gaya sebagai berikut:

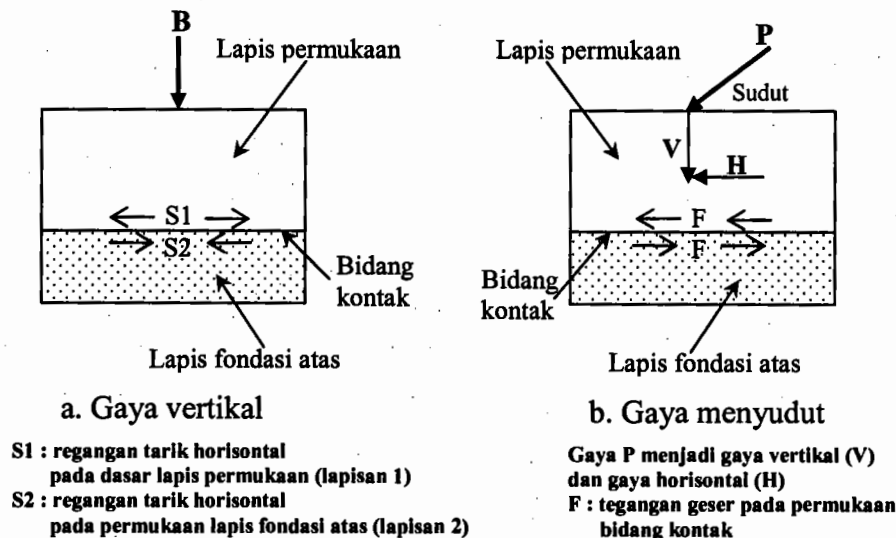
- a. gaya vertikal kendaraan (B),
- b. gaya menyudut terhadap permukaan (P), yaitu *drag force* (gaya akibat gerakan roda kendaraan saat berjalan, gaya akibat percepatan dan gaya akibat pengereman) dan berat kendaraan apabila jalan berupa tanjakan atau turunan. Gaya ini termasuk gaya dengan sudut yang sangat kecil dan horisontal.

Secara skematik dapat digambarkan dengan Gambar 2.

Akibat gaya vertikal yang bekerja pada permukaan perkerasan, Huang (2004) menyatakan bahwa pada bidang rekat (*bonded interface*) regangan tarik horisontal pada permukaan bawah lapis permukaan sama besarnya dengan regangan tarik horisontal pada permukaan atas lapis fondasi atas (lihat Gambar 2.a). Menurut Yang (1972) dalam praktik keteknikan, dapat diasumsikan bahwa tegangan adalah fungsi regangan. Pada Gambar 2.b dapat dilihat bahwa gaya menyudut (P) akan mengakibatkan terjadinya gaya vertikal (V) dan gaya horisontal (H) serta tegangan geser (F) pada permukaan bidang kontak antara lapis permukaan dengan lapis fondasi atas.

Yang (1972), berpendapat bahwa pada konstruksi perkerasan lentur multi lapis, kuat rekat antar lapisan perkerasan akan sangat berpengaruh terhadap stabilitas perkerasan terhadap lenturan (*bending*) dan geser horisontal. Kinerja lapisan tipis perkerasan lentur bergantung pada rekatan dengan lapisan di bawahnya (Nicholls, 1998). Yang (1972) menyatakan pula bahwa lapisan teratas konstruksi perkerasan lentur harus mempunyai kuat rekat dan kuat geser yang mencukupi. Kuat rekat yang tidak mencukupi dapat mengakibatkan ketidak-rataan dan kerusakan permukaan (Yang, 1972) serta *slippage crack* (National Center for Asphalt Technology, 1991).

*) Suryo Hapsoro Tri Utomo, Ir., Ph.D., adalah dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

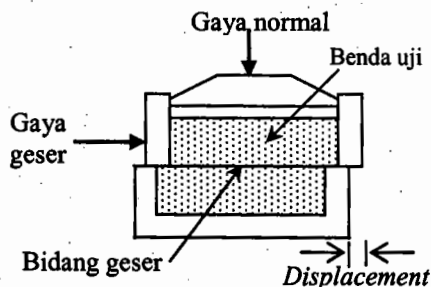


Gambar 2. Gaya yang bekerja pada perkerasan

Untuk memberikan rekatan antar lapisan yang mencukupi, digunakan lapis perekat (*tack coat*), yaitu lapisan tipis aspal yang digunakan untuk memberi rekatan antara permukaan yang akan dilapiskan dengan lapisan di bawahnya (Huang, 2004). Menurut Nicholls (1998) pada penghamparan lapisan beraspal, apabila lapisan di bawahnya tidak mempunyai rekatan atau penguncian mekanis yang cukup dengan permukaan yang baru, maka lapis perekat harus digunakan sebelum penghamparan lapisan tersebut. Direktorat Jenderal Bina Marga (1983) menyebutkan, penggunaan aspal yang terlalu banyak pada lapis perekat dapat mengakibatkan kerusakan permukaan berupa keluarnya aspal dari lapisan perkerasan (*bleeding*). Letak lapis perekat dapat dilihat pada Gambar 5.b.

KUAT GESER DAN GESER LANGSUNG

Salah satu cara untuk menguji kuat geser tanah ialah dengan alat uji geser langsung. Benda uji dan pemberian gaya pada uji geser langsung digambarkan pada Gambar 3. Benda uji diberi gaya normal yang besarnya tetap dan gaya geser diberlakukan pada bidang geser hingga mencapai keruntuhan.



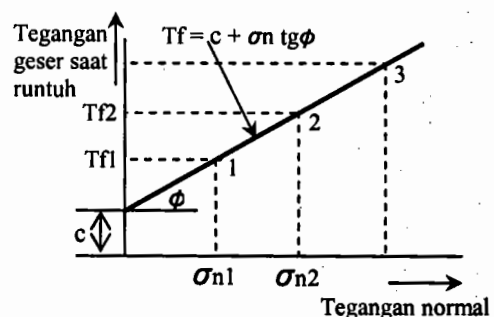
Gambar 3. Benda uji dan pemberian gaya pada uji geser langsung

Vickers (1984) menyebutkan bahwa pada uji geser langsung diperoleh hubungan langsung antara tegangan geser pada saat runtuh (tegangan geser maksimum) dengan tegangan normal, sehingga selubung keruntuhan Mohr-Coulomb dapat langsung ditetapkan (Gambar 4). Dari selubung keruntuhan tersebut dapat ditentukan besarnya kohesi (c) dan sudut gesek internal (ϕ) dengan persamaan selubung keruntuhan:

$$T_f = c + \sigma_n \tan \phi \quad (1)$$

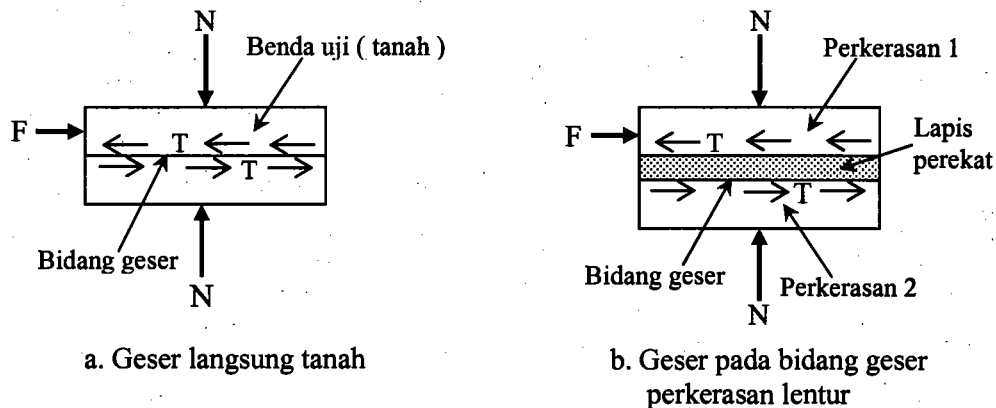
dengan T_f adalah tegangan geser maksimum dan σ_n adalah tegangan normal.

Head (1988) menyebutkan bahwa selain untuk aplikasi pada tanah, alat uji geser langsung dapat digunakan untuk pengukuran kuat geser bahan teknik lain.



Gambar 4. Hubungan antara tegangan geser maksimum dengan tegangan normal (selubung keruntuhan Mohr-Coulomb)

Gambar 5 dan Tabel 1 menunjukkan kesamaan antara uji kuat geser langsung tanah dengan keadaan geser pada bidang geser perkerasan lentur.



$$\text{Tegangan geser (T)} = F/A. \quad \text{Tegangan normal } (\sigma_n) = N/A. \quad A : \text{Luas bidang geser}$$

Gambar 5. Kesamaan antara uji kuat geser langsung tanah dengan keadaan geser pada bidang geser perkerasan lentur

Tabel 1. Kesamaan antara uji kuat geser langsung tanah dengan keadaan geser pada bidang geser perkerasan lentur.

No.		Gaya vertikal	Gaya horisontal	Tegangan geser pada bidang geser	Bidang geser tertentu (<i>predetermined</i>)	Sifat isotropik benda uji	Keterangan
1.	Geser langsung tanah	✓	✓	✓	✓	✓	---
2.	Geser pada bidang geser perkerasan lentur	✓ (Gabungan antara gaya B dan gaya V)	✓	✓	✓	✓	Lihat Gambar 2

Dari uraian dan kesamaan tersebut di atas, teori kuat geser tanah dan prinsip uji kuat geser langsung digunakan untuk menguji kuat rekat dan gesekan antar permukaan bidang kontak lapis permukaan dengan lapis di bawahnya pada perkerasan lentur. Kohesi (c) yang diperoleh diasumsikan sebagai kuat rekat (a) dan sudut gesek internal (ϕ) yang diperoleh diasumsikan sebagai sudut gesek antar permukaan (ρ).

METODE PENELITIAN

Benda Uji

Pada kuat geser perkerasan lentur menggunakan lapis perekat (aspal) terdapat tiga fase hubungan benda, yaitu sebagai berikut:

- hubungan antara perkerasan dengan perkerasan,
- hubungan internal aspal lapis perekat, dan
- hubungan antara perkerasan dengan aspal lapis perekat.

Untuk mengetahui karakteristik hubungan tersebut digunakan tujuh model benda uji geser langsung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

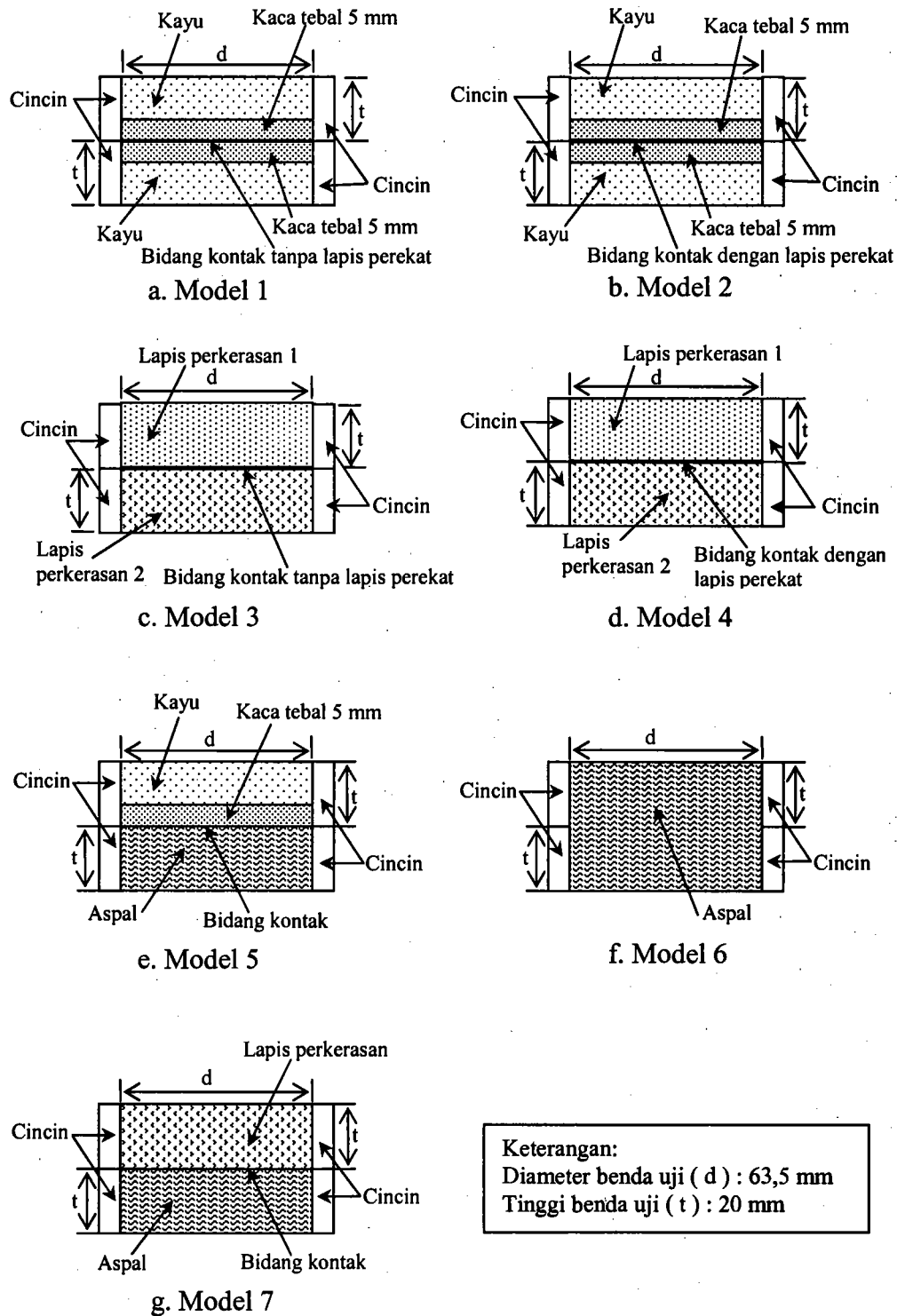
Aspal yang digunakan untuk pembuatan lapis perkerasan ialah aspal keras penetrasi 60/70. Lapis perekat berupa aspal keras penetrasi 60/70 yang dilarutkan pada 25% (berdasarkan perbandingan berat) minyak tanah dan dipanaskan hingga temperatur 110°C. Jenis perkerasan, kadar aspal dan densitas benda uji lapis perkerasan yang digunakan ialah seperti Tabel 2. Temperatur yang digunakan pada pemanasan agregat, pemanasan aspal, pengadukan dan pemadatan, masing-masing ialah 160°C, 160°C, 155°C dan 140°C.

Lapis perkerasan untuk benda uji Model 3, Model 4 dan Model 7 dibuat dengan alat cetak benda uji (Lihat Gambar 7 dan Gambar 8) dan dipadatkan dengan pemadatan statis. Alat cetak benda uji dapat memadatkan dan mencetak benda uji dengan dimensi dan volume yang tetap, sehingga densitas yang diperoleh dapat sesuai dengan densitas rancangan. Setelah lapis perkerasan didinginkan (pada suhu ruang) selama ± 96 jam, diberi lapis perekat, kemudian lapis perkerasan pasangannya dilekatkan, selanjutnya didinginkan (pada suhu ruang) selama 24 jam sebelum dilakukan uji geser langsung.

Tabel 2. Jenis perkerasan, kadar aspal dan densitas lapis perkerasan

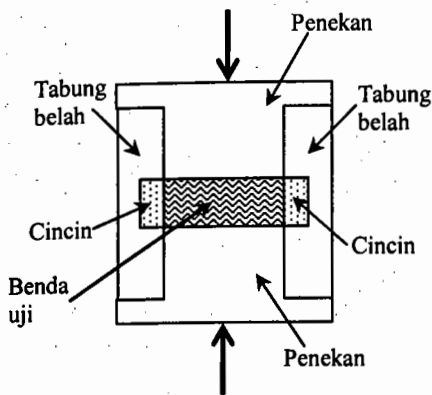
	Lapis perkerasan 1			Lapis perkerasan 2
	AC-WC	HRS-WC	Sand Sheet	AC-BC
Kadar aspal (%)	7,1	8,1	9,9	6,7
Densitas (gr/cm ³)	2,438	2,337	2,395	2,515
Referensi	Amrullah, 2002	Ramadhani, 2002	Dinas Prasarana Kota Pemerintah Kota Yogyakarta, 2003	Aprodi, 2002

Keterangan: AC-WC: Asphaltic Concrete-Wearing Course; HRS-WC: Hot Rolled Asphalt-Wearing Course; AC-BC: Asphaltic Concrete-Base Course

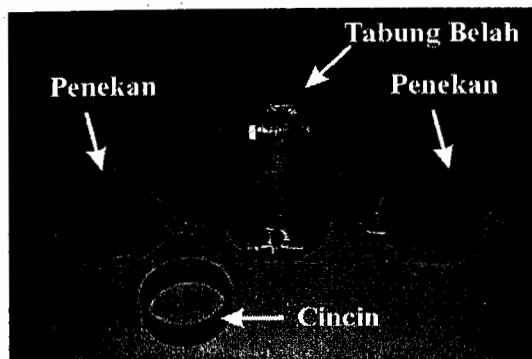


Gambar 6. Model benda uji geser langsung

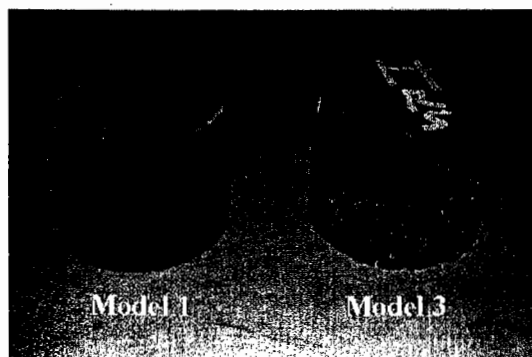
Benda uji Model 1, Model 2 dan Model 5 digunakan untuk mengetahui karakteristik kuat rekat dan gesekan pada permukaan yang halus. Pemberian lapis perekat dilakukan seperti pada model yang lain. Rekatan internal (kohesi) aspal lapis perekat diuji dengan Model 6.



Gambar 7. Potongan vertikal alat cetak benda uji



Gambar 8. Alat cetak benda uji



Gambar 9. Benda uji Model 1 dan Model 3

Pengujian Geser Langsung dan Volume Pori Permukaan

Pengujian geser langsung dilakukan terhadap benda uji yang berada di dalam cincin. Penggunaan cincin pada benda uji dimaksudkan untuk menghindari terjadinya defleksi horisontal pada benda uji akibat pemberian gaya arah horisontal. Contoh

benda uji Model 1 dan Model 3 (tanpa cincin) dapat dilihat pada Gambar 9.

Lapis perekat yang digunakan pada Model 2 dan Model 4 ialah dengan kadar 0,15, 0,25 dan 0,35 liter/m². Tegangan normal yang digunakan untuk setiap rangkaian pengujian ialah 0,1, 0,2 dan 0,4 kg/cm². Pemberian tegangan geser (horisontal) dihentikan setelah tercapai tegangan geser maksimum. Dengan selubung keruntuhan Mohr-Coulomb diperoleh nilai kuat rekat (a) dan sudut gesek antar permukaan (ρ). Seluruh pengujian dilaksanakan pada suhu ruang.

Kekasaran permukaan dalam bentuk volume pori permukaan kaca dan lapis permukaan diukur dengan metode *Sand Path* menggunakan pasir Ottawa.

HASIL PENELITIAN

Kuat rekat dan sudut gesek antar permukaan yang diperoleh dari pengujian benda uji terdapat pada Tabel 3 hingga Tabel 6. Pada pengujian geser langsung Model 6, tegangan geser maksimum berada pada rentang regangan yang besar, hal ini disebabkan oleh sifat aspal yang mempunyai *ductility* yang besar.

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara kuat rekat (a_{rerata}) dengan kadar lapis perekat. Hubungan antara sudut gesek antar permukaan (ρ_{rerata}) dengan kadar lapis perekat ditunjukkan dengan Gambar 11.

Tabel 3. Kuat rekat dan sudut gesek antar permukaan lapisan kaca dengan kaca, tanpa lapis perekat dan dengan lapis perekat

Lapis 1: kaca; lapis 2: kaca			
Kadar lapis perekat (liter/m ²)	Jumlah rangkaian pengujian	Kuat rekat (a) rerata (kg/cm ²)	Sudut gesek antar permukaan (ρ) rerata (°)
0 (tanpa lapis perekat)	3	0,015	7
0,15	3	0,29	5,8
0,25	3	0,37	2,2
0,35	3	0,38	3,2

Tabel 4. Kuat rekat dan sudut gesek antar lapis permukaan lapis perkerasan AC-WC dengan lapis perkerasan AC-BC, tanpa lapis perekat dan dengan lapis perekat

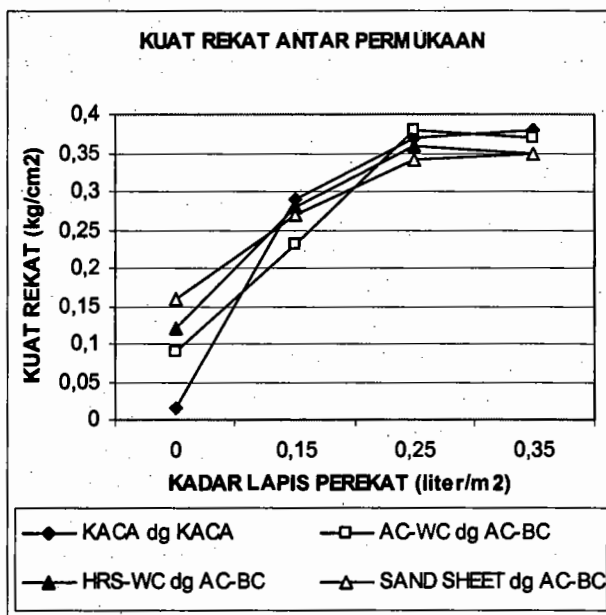
Lapis perkerasan 1: AC-WC; lapis perkerasan 2: AC-BC			
Kadar lapis perekat (liter/m ²)	Jumlah rangkaian pengujian	Kuat rekat (a) rerata (kg/cm ²)	Sudut gesek antar permukaan (ρ) rerata (°)
0 (tanpa lapis perekat)	3	0,09	43,6
0,15	3	0,23	34,3
0,25	3	0,38	24,1
0,35	3	0,37	22,3

Tabel 5. Kuat rekat dan sudut gesek antar lapis permukaan lapis perkerasan *HRS-WC* dengan lapis perkerasan *AC-BC*, tanpa lapis perekat dengan lapis perekat

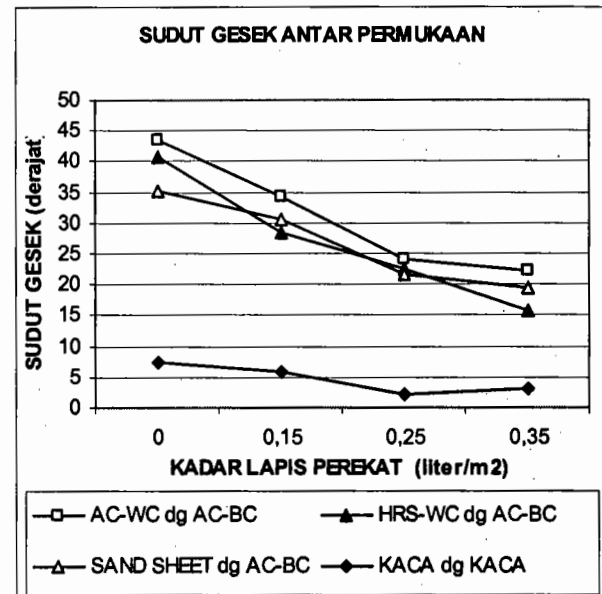
Lapis perkerasan 1: <i>HRS-WC</i> ; lapis perkerasan 2: <i>AC-BC</i>			
Kadar lapis perekat (liter/m ²)	Jumlah rangkaian pengujian	Kuat rekat (a) rerata (kg/cm ²)	Sudut gesek antar permukaan (ρ) rerata (°)
0 (tanpa lapis perekat)	3	0,12	40,6
0,15	3	0,28	28,3
0,25	3	0,36	22,6
0,35	3	0,35	15,6

Tabel 6. Kuat rekat dan sudut gesek antar lapis permukaan lapis perkerasan *Sand Sheet* dengan lapis perkerasan *AC-BC*, tanpa lapis perekat dan dengan lapis perekat

Lapis perkerasan 1: <i>Sand Sheet</i> ; lapis perkerasan 2: <i>AC-BC</i>			
Kadar lapis perekat (liter/m ²)	Jumlah rangkaian pengujian	Kuat rekat (a) rerata (kg/cm ²)	Sudut gesek antar permukaan (ρ) rerata (°)
0 (tanpa lapis perekat)	3	0,16	35,3
0,15	3	0,27	30,7
0,25	3	0,34	21,7
0,35	3	0,35	19,3



Gambar 10. Hubungan antara kuat rekat dengan kadar lapis perekat



Gambar 11. Hubungan antara sudut gesek antar permukaan dengan kadar lapis perekat

Tabel 7. Kuat rekat dan sudut gesek inter/antar bahan serta kekasaran/volume pori permukaan bahan

Kuat rekat inter/intra bahan (kg/cm ²)						
	<i>AC-BC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>HRS-WC</i>	<i>Sand Sheet</i>	Kaca	Aspal
Aspal	0,39	0,36	0,37	0,42	0,44	0,29 #)
Sudut gesek inter/intra bahan (derajat)						
	<i>AC-BC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>HRS-WC</i>	<i>Sand Sheet</i>	Kaca	Aspal
Aspal	10	12	8	7	5	2 #)
Kekasaran/volume pori permukaan bahan (l/m ²)						
	<i>AC-BC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>HRS-WC</i>	<i>Sand Sheet</i>	Kaca	Aspal
	0,092	0,11	0,076	0,063	0	TD

Keterangan:

#) : Aspal mempunyai *ductility* yang besar,
TD : Tidak diukur

PEMBAHASAN

Kuat Rekat

Semakin kecil volume total pori permukaan, semakin besar bidang kontak efektif antar permukaan. Permukaan lapis perkerasan lentur (berbahan ikat aspal) meskipun tanpa lapis perekat telah mempunyai kuat rekat, sehingga semakin kecil volume total pori permukaan (sehingga bidang kontak efektif semakin besar) semakin besar kuat rekat antar permukaannya (lihat Tabel 7).

Lapis perekat yang dihamparkan pada permukaan kontak, sebagian akan mengisi pori pada permukaan kontak, sehingga tidak seluruh lapis perekat akan secara efektif menyelimuti permukaan yang bersinggungan. Hal tersebut berpengaruh pada hubungan antara kadar lapis perekat dengan kuat rekat (lihat Gambar 10). Pada keadaan permukaan bidang kontak terselimuti secara maksimum oleh lapis perekat, diperoleh kuat rekat maksimum. Kadar lapis perekat pada keadaan tersebut adalah kadar lapis perekat optimum.

Dari Tabel 3 hingga Tabel 6, dengan metode *Best Fit* diperoleh persamaan matematik grafik hubungan antara kadar lapis perekat dengan kuat rekat, dan kadar lapis perekat optimumnya (Tabel 8). Kuat rekat pada kadar lapis perekat optimum untuk masing-masing jenis perkerasan/bahan mendekati kuat rekat antara permukaan dengan aspal (Tabel 7) yaitu dengan perbedaan $\leq 5,5\%$. Pada kadar lapis perekat di atas optimum, lapis perekat (aspal) akan semakin tebal, sehingga kuat rekat diperkirakan akan lebih ditentukan oleh kuat rekat internal aspal atau kohesi aspal (lihat Model 6) yang lebih rendah dibandingkan dengan kuat rekat pada kadar lapis perekat optimum.

Sudut Gesek

Hasil penelitian pada bidang kontak lapis perkerasan maupun pada permukaan kaca menunjukkan bahwa semakin kecil volume total pori permukaan bahan, semakin kecil pula sudut gesek

antar permukaan (Tabel 7). Fenomena ini disebabkan karena hal berikut. Semakin kecil volume total pori permukaan, semakin halus permukaannya, dan semakin kecil kekasaran permukaannya.

Pengurangan volume total pori permukaan (akibat pengisian oleh bahan lapis perekat) berakibat pada pengurangan kekasaran permukaan. Lapis perekat yang menyelimuti bidang kontak akan mengurangi gesekan langsung antar permukaan sehingga akan mengurangi sudut gesek antar permukaan. Penurunan kekasaran dan gesekan antar permukaan mengakibatkan penurunan sudut gesek antar permukaan, sehingga kadar lapis perekat berpengaruh terhadap sudut gesek antar permukaan (Gambar 11). Sudut gesek antar permukaan terbesar tercapai pada keadaan tanpa bahan lapis perekat, sebab pada keadaan ini pori permukaan belum terisi, dan gesekan langsung antar permukaan adalah maksimum, sehingga kekasaran dan gesekan antar permukaan mencapai maksimum.

Permukaan kaca sangat halus dengan volume pori mendekati nol (Tabel 7) sehingga sudut gesek antar permukaan sangat kecil. Pada permukaan kaca, tidak ada pengisian pori oleh bahan lapis perekat, sehingga perubahan sudut gesek antar permukaan akibat penggunaan lapis perekat tidak signifikan.

Persamaan matematik grafik hubungan antara kadar lapis perekat dengan sudut gesek antar permukaan dan kadar lapis perekat optimum dapat diperoleh dengan metode *Best Fit* (lihat Tabel 9).

Tabel 8. Hubungan antara kadar lapis perekat dengan kuat rekat antar permukaan

No.	Lapis permukaan	Persamaan	r^2	Keterangan	Kadar lapis perekat optimum ##) (l/m^2)
1.	Kaca dengan kaca	$a = -3,8883w^2 + 2,4w + 0,0455$	0,9999	a : kuat rekat antar permukaan (kg/cm^2) w : kadar lapis perekat (l/m^2)	0,309
2.	AC-WC dengan AC-BC	$a = -1,7047w^2 + 1,4548w + 0,0625$	0,9484		0,428
3.	HRS-WC dengan AC-BC	$a = -2,3984w^2 + 1,516w + 0,1475$	0,9912		0,317
4.	Sand Sheet dengan AC-BC	$a = -1,2422w^2 + 0,9949w + 0,1987$	0,9902		0,401

Catatan: ##) untuk mendapatkan kuat rekat antar permukaan maksimum

Tabel 9. Hubungan antara kadar lapis perekat dengan sudut gesek antar permukaan

No	Lapis permukaan	Persamaan	r^2	Keterangan	Kadar lapis perekat optimum ###) (l/m^2)
1.	Kaca dengan kaca	$\rho = 7,0535e^{-2,8783w}$	0,937	ρ : sudut gesek antar permukaan ($^\circ$) w : kadar lapis perekat (l/m^2)	0
2.	AC-WC dengan AC-BC	$\rho = 43,965e^{-2,0487w}$	0,987		0
3.	HRS-WC dengan AC-BC	$\rho = 41,615e^{-2,6693w}$	0,9559		0
4.	Sand Sheet dengan AC-BC	$\rho = 36,67e^{-1,8436w}$	0,6477		0

Catatan : ###) untuk mendapatkan sudut gesek antar permukaan maksimum

Pada kadar lapis perekat yang terlalu besar, sehingga lapis perekat (aspal) menjadi terlalu tebal, diperkirakan sudut gesek yang terjadi adalah sudut gesek antara permukaan dengan aspal (Model 7) atau bahkan sudut gesek aspal (Model 6) yang lebih rendah dibandingkan dengan sudut gesek antar permukaan.

Kuat Geser

Kuat geser bidang kontak lapis perkerasan dipengaruhi oleh kuat rekat dan sudut gesek antar antar permukaan. Kadar lapis perekat optimum (w_{opt}) untuk mendapatkan tegangan/kuat-geser maksimum (T_f) bidang kontak lapis perkerasan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan-persamaan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Kadar lapis perekat optimum tersebut bersama-sama dengan volume total pori permukaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kadar lapis perekat optimum dan volume total pori permukaan

No.	Lapis permukaan	Volume total pori kedua permukaan kontak (l/m^2)	Kadar lapis perekat optimum ##### (l/m^2)
1.	Kaca dengan kaca	0	0,3
2.	AC-WC dengan AC-BC	0,202	0,31
3.	HRS-WC dengan AC-BC	0,163	0,2
4.	Sand Sheet dengan AC-BC	0,155	0,26

Catatan : ##### untuk mendapatkan kuat geser maksimum

Dari hasil pengujian dan uraian di atas terlihat bahwa kuat geser bidang kontak lapis yang merupakan fungsi kuat rekat dan sudut gesek antar permukaan, dipengaruhi oleh karakteristik teknik bahan sebagai berikut:

- rekatan aspal terhadap perkerasan (lihat Tabel 7),
- rekatan antar perkerasan (lihat Tabel 7),
- kadar lapis perekat (lihat Tabel 3 s/d Tabel 6, Gambar 10 dan Gambar 11),
- kohesi aspal bahan lapis perekat (lihat Tabel 7), dan

e. volume total pori permukaan (lihat Tabel 7).

Pada kadar lapis perekat optimum yang tercantum pada Tabel 10 ($0,2-0,31 l/m^2$) pengaruh karakteristik tersebut di atas terhadap kuat rekat dapat diwujudkan dalam persamaan empirik berikut:

$$a = 0,3292.w + 0,0223.vp + 0,0029.rap - 0,2978.rpp + ca \quad (kg/cm^2) \quad (2)$$

dengan:

- a : kuat rekat antar permukaan,
- w : kadar lapis perekat (l/m^2),
- vp : volume total pori permukaan (l/m^2),
- rap : rekatan antara aspal dengan perkerasan/ permukaan bahan (kg/cm^2),
- rpp : rekatan antar perkerasan/permukaan bahan (kg/cm^2), dan
- ca : kohesi aspal bahan lapis perekat (kg/cm^2).

Hasil perhitungan menggunakan persamaan empirik tersebut, dibandingkan dengan kuat rekat pada Tabel 3 s/d Tabel 6, mempunyai perbedaan $< 10\%$.

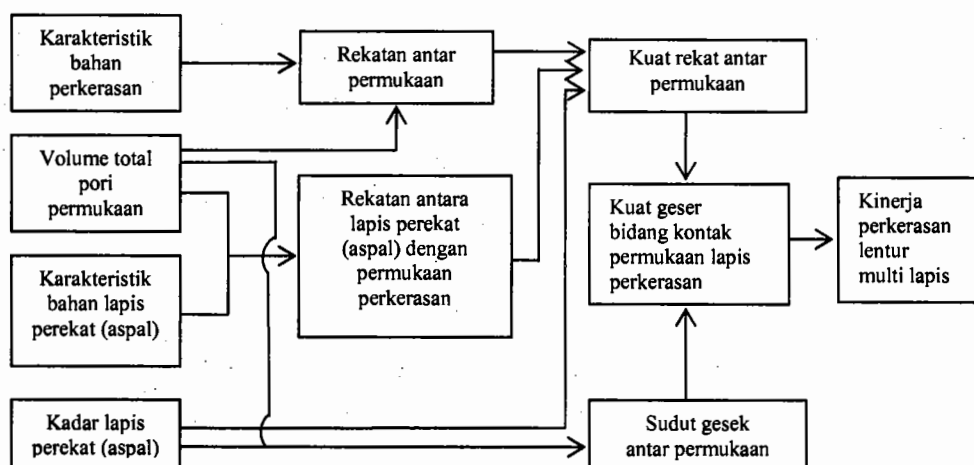
KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- perilaku kuat rekat dan gesekan antar permukaan perkerasan dapat difahami melalui teori geoteknik pada kuat geser langsung,
- kadar lapis perekat berpengaruh terhadap kuat rekat dan sudut gesek antar permukaan lapisan serta kuat geser bidang kontak lapis perkerasan lentur, dan
- kadar lapis perekat optimum untuk menghasilkan kuat geser maksimum permukaan kontak lapis perkerasan lentur yang diuji ialah antara $0,2 - 0,31$ liter/ m^2 .

Karakteristik bahan yang berpengaruh terhadap kuat geser bidang kontak permukaan lapis perkerasan dan pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan lentur multi lapis ialah sebagai berikut.



Gambar 12. Diagram pengaruh karakteristik bahan terhadap kinerja perkerasan lentur multi lapis

Saran

Beberapa saran yang perlu disampaikan ialah sebagai berikut:

- a. penggunaan kadar lapis perekat tidak lebih dari kadar lapis perekat optimum,
- b. perlu dilakukan pengujian serupa, tetapi dengan kadar lapis perekat lebih besar dari kadar lapis perekat optimum, dan
- c. perlu dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan berbagai bahan lapis perekat dan jenis perkerasan lentur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr. Arief Hariyadi, para teknisi dan tenaga Laboratorium Teknik Transportasi JTS FT UGM atas bantuannya dalam persiapan dan pelaksanaan pengujian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, 2002, *Pengaruh Jumlah Tumbukan dan Lama Perendaman Terhadap Karakteristik Campuran Panas Bergradasi Superpave Diameter Nominal Maksimum 12,50 mm Pada VMA Rendah Berdasar Uji Marshall*, Tesis, Magister Sistem Dan Teknik Transportasi UGM, Yogyakarta.
- Aprodi, M., 2002, *Pengaruh Jumlah Tumbukan Dan Lama Rendaman Terhadap Karakteristik Campuran Panas Bergradasi Superpave Dengan Diameter Nomimal 19 mm Pada VMA Rendah Berdasarkan Uji Marshall*, Tesis, Magister Sistem Dan Teknik Transportasi UGM, Yogyakarta.
- Dinas Prasarana Kota Pemerintah Kota Yogyakarta, 2003, *Buku Spesifikasi Umum Kegiatan Peningkatan Jalan*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983, *Manual Pemeliharaan Jalan No.:03/MN/B/1983*, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Head, K.H., 1998, *Manual of Soil Laboratory Testing Vol.2*, Pentech Press, London.
- Huang, Y.H., 2004, *Pavement Analysis and Design 2nd Edition*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- National Center for Asphalt Technology, 1991, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, NAPA Education Foundation, Maryland.
- Nicholls, J.C., (editor), 1998, *Asphalt Surfacing*, E & FN SPON, London.
- Ramadhani, T.R., 2002, *Pengaruh Agregat Tinggi ($\pm 50\%$) Pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course*, Tesis, Magister Sistem Dan Teknik Transportasi UGM, Yogyakarta.
- Vickers, B., 1983, *Laboratory Work in Soil Mechanics, 2nd Edition*, Granada, London.
- Yang, N.C., 1972, *Design of Functional Pavements*, Mc-Graw-Hill Book Company, New York.